Boll. Soc. Hist. Nat. Balears, 28 (1984) 81-94. Palma de Mallorca

EVOLUCION DEL CONTENIDO DE OXIGENO DISUELTO EN LAS AGUAS DE LOS EMBALSES DE LA SERRA DE TRAMUNTANA (MALLORCA). ESTUDIO COMPARADO

G. Moya, y G. Ramon[1]

PALABRAS CLAVE: Oxígeno disuelto, termoclina, embalses, Mallorca.

RESUMEN. Se estudia la dinámica del oxígeno disuelto en las aguas de los embalses de Cúber y Gorg Blau (Mallorca), en base a la información obtenida durante algo más de dos ciclos anuales.

En los dos embalses la concentración de oxígeno disuelto sigue una evolución paralela a la de la temperatura, con un período de mezcla durante el otoño y el invierno y con otro de estratificación a lo largo de la primavera y el verano.

Los mínimos hipolimnéticos muestran características particulares en cada uno de los embalses, relacionadas con el régimen térmico y dependientes, en último término, de las diferencias morfométricas.

La utilización del oxígeno como indicador del estado trófico permite catalogar a los dos embalses como oligotróficos, si bien con una cierta tendencia a la mesotrofia.

RESUM. Al llarg de més de dos cicles anuals es va determinar la concentració de l'oxigen dissolt a les aigües dels embassaments de Cúber i del Gorg Blau (Mallorca). La informació obtinguda ens permet analitzar la dinàmica d'aquest gas a les esmentades aigües.

Les variacions de l'oxigen als dos embassaments venen condicionades pel règim tèrmic i caracteritzades per l'existència d'un període d'estratificació durant la primavera i l'estiu i mescla la resta de l'any.

El dèficit d'oxigen que té lloc a l'hipolímnion durant els mesos d'estiu presenta característiques particulars en cada un dels embassaments, resultat de les diferències en el règim tèrmic com a conseqüència de la distinta morfometria.

[1] Facultad de Ciencias. Universidad de las Islas Baleares.

Emprat l'evolució que segueix la concentració d'oxigen al llarg de l'any a l'hipolímnion com un indicador de l'estat tròfic de Cúber i del Gorg Blau, aquests es situen entre els oligotròfics si bé amb una certa tendència a la mesotròfia.

SUMMARY. OXYGEN CONDITIONS WITHIN TWO RESERVOIRS OF THE "SERRA DE TRAMUNTANA" (MAJORCA). A COMPARED STUDY. The oxygen conditions within the Cúber and Gorg Blau reservoirs are analized from the oxygen concentrations values during more than two annual cycles.

The seasonal variation and distribution of dissolved oxygen in both reservoirs, follows a regular pattern related to the thermal regime. At times of circulation, during the winter and autumn, oxygen is distributed uniformly from top to bottom. During the restricted circulation of summer stratification, oxygen depletion occurs in the hypolimnion. Differences between hypolimnetic oxygen minima are due to inequal morphometry of reservoirs.

Oxygen conditions in both reservoirs illustrate features comparable to those found in oligotrophic or lightly mesotrophic lakes.

INTRODUCCION

Desde el trabajo de BIRGE & JUDAY (1911) relativo al contenido de oxígeno disuelto en los lagos, esta variable se ha mostrado como una de las fundamentales en los estudios limnológicos, tanto por la facilidad con que se determina como por la amplia cantidad de información que proporciona (ROUND, 1981).

La concentración y distribución del oxígeno disuelto en una masa de agua vienen determinadas por factores de naturaleza distintas. Unos son de tipo físico, como la temperatura, la presión atmosférica y el viento. Otros son propiamente biológicos, tal es el caso de los procesos que determinan la liberación –fotosíntesis– y el consumo –respiración– del oxígeno por parte de los organismos. Finalmente se han de considerar factores de tipo químico que, esencialmente, se hallan referidos a la salinidad del agua, a la presencia de materia orgánica y a la existencia de nutrientes inorgánicos susceptibles de ser oxidados (HUTCHINSON, 1957; MARGALEF, 1974; WETZEL, 1975; GOLDMAN & HORNE, 1983; entre otros).

La distribución del oxígeno disuelto a lo largo del perfil vertical de una masa de agua está estrechamente relacionada con las condiciones de mezcla o estratificación del momento. Aguas con una mezcla vertical intensa suelen presentar una distribución uniforme del oxígeno en toda la columna; mientras que capas superiores bien oxigenadas, consecuencia de procesos de fotosíntesis, y niveles profundos deficitarios en oxígeno, debido al consumo por respiración y

oxidación de la materia orgánica que va sedimentando, son características de aguas estratificadas (HAPPEY, 1970; VIDAL, 1972; entre otros). La variación del oxígeno a lo largo del perfil vertical y particularmente el déficit de oxígeno en el hipolimnion ha venido siendo utilizado como un índice del grado de eutrofia de un lago (THIENEMANN, 1928; STRØM, 1931; HUTCHINSON, 1938 y 1957; MARGALEF, 1974; MOSS, 1980; entre otros).

En el caso concreto de los embalses, la aparición de unas condiciones reductoras, originadas como consecuencia de la falta de oxígeno en los niveles profundos, favorece el desarrollo de bacterias cuya actividad determina la acumulación de gases, como el sulfuro de hidrógeno y el metano, que pueden afectar a las estructuras de hierro y cemento (ARMENGOL & PRAT, 1979; AMBROGGI, 1980; MARGALEF, 1983; entre otros), asimismo se producen cambios en el sedimento, como consecuencia de la presencia de sulfuro ferroso y de materia orgánica sin oxidar, todo ello conlleva un deterioro en la calidad del agua con los consiguientes problemas, entre los que no es posible descartar los de tipo sanitario (MARGALEF, 1976). De ahí que la predicción del régimen del oxígeno asociado a los cambios tróficos sea una medida de sumo interés, no sólo a nivel teórico sino también por las implicaciones prácticas derivadas del control de la calidad de las aguas (VOLLENWEIDER & JANUS, 1982).

En el presente trabajo se analiza la distribución del oxígeno disuelto en las aguas de los dos embalses localizados en la porción central de la Serra de Tramuntana de Mallorca (figura 1). Ambos embalses vienen tipificados por el alto grado de mineralización de sus aguas, claro reflejo de las características litológicas de la zona circundante (MOYA & RAMON, 1981); por las reducidas dimensiones, reflejadas en los bajos valores de un buen número de parámetros morfométricos, si bien con diferencias notables entre ambos embalses para algunos de tales parámetros (RAMON & MOYA, 1982) y, desde un punto de vista térmico, por el hecho de poder ser considerados como lagos del tipo monomíctico cálido (RAMON & MOYA, 1983).

MATERIAL Y METODOS

A lo largo de un período de prácticamente tres ciclos anuales, los embalses se visitaron con una periodicidad mensual y, en cada una de las dos estaciones en el embalse de Cúber y en las tres consideradas en el Gorg Blau (figura 1), se obtuvieron, entre las 10 y las 12 horas, muestras de agua procedentes de diferentes profundidades, mediante un tomamuestras Hydro-Bios de 5 litros de capacidad.

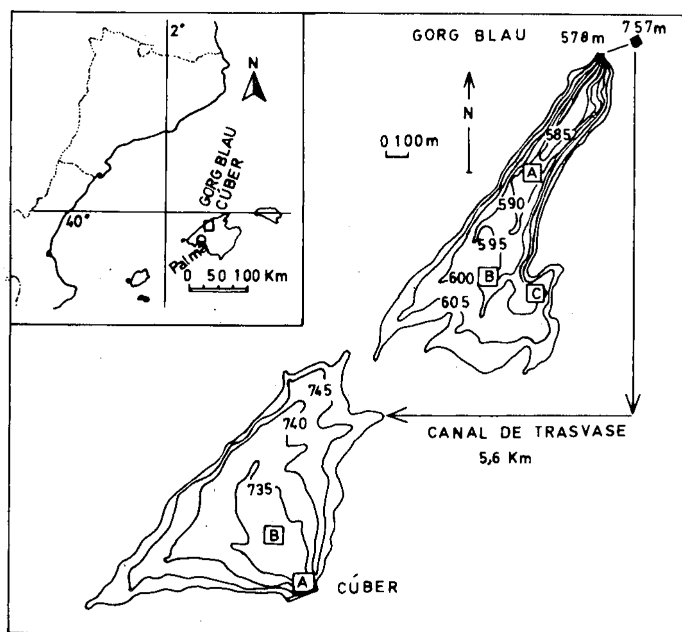


Fig. 1.– Localización, morfología y morfometría del área de estudio. Se indican las estaciones de muestreo.

Para la determinación del contenido de oxígeno se recogía una fracción del volumen del tomamuestras en frascos Winkler de 100 mililitros de capacidad e inmediatamente se añadían los reactivos fijadores. Los análisis y valoración final se realizaron en el laboratorio, dentro de las 24 horas siguientes a la obtención de la muestra y sobre el contenido total del frasco.

Las precauciones seguidas para la obtención de las muestras, la fijación y el análisis de las mismas fueron las establecidas en la modificación de la técnica titrimétrica original de Winkler recogida en STRICKLAND & PARSONS (1972).

El cálculo de la concentración de oxígeno disuelto, en forma del tanto por ciento de saturación, se ha realizado haciendo uso de las expresiones y tablas recogidas en GOLTERMAN *et al.* (1978).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados que se presentan y discuten corresponden al período comprendido entre agosto de 1976 y octubre de 1978, incidiéndose fundamentalmente sobre los obtenidos en las estaciones situadas en la parte central de ambos embalses, la estación A en el embalse del Gorg Blau y la estación B en el

de Cúber (figura 1), ya que son la que se hallan menos influenciadas por el efecto de las orillas.

En las figuras 2 y 4 se han referido las variaciones del nivel del agua, tomando como referencia la cota medida sobre el nivel del mar alcanzada por la columna de agua, obtenida a partir de las mediciones efectuadas en cada uno de los días de muestreo.

DISTRIBUCION DEL OXIGENO DISUELTO. Si se considera únicamente el contenido de oxígeno en la capa superficial de agua, se aprecia un comportamiento muy similar en ambos embalses. Los valores máximos absolutos se dan durante los meses de invierno, habiendo sido de 11,76 mg O_2/l, lo que suponía un 117,71% de saturación, en el embalse de Cúber –enero de 1977– y de 11,09 mg O_2/l, que suponía un 111,31% de saturación, en el del Gorg Blau –diciembre de 1977–. Por su parte, los mínimos correspondieron a los meses de verano, obteniéndose en ambos embalses durante el mes de agosto, si bien en años distintos, 1977 en Cúber y 1976 en Gorg Blau; dichos valores fueron de 6,44 mg O_2/l, suponiendo un 80,75% de saturación, y 6,56 mg O_2/l, que representaban un 84,95% de saturación, respectivamente.

Respecto a tales valores de oxígeno en superfície determinados cabe señalar inicialmente que son claramente coincidentes con los obtenidos en las mismas épocas del año en otros embalses peninsulares (MARGALEF *et al.,* 1976). Por otra parte cabe remarcar que si los valores obtenidos se comparan con los que teóricamente se podrían esperar, dada la solubilidad del oxígeno en agua pura, en equilibrio con la atmósfera saturada de humedad y para las condiciones de temperatura y presión existentes en el punto de muestreo (GOLTERMAN *et al.,* 1978; MORTIMER, 1981), se constata la existencia de un déficit de oxígeno en ambos embalses; este déficit es algo inferior a 1 mg O_2/l para los máximos y del orden de los 2 mg O_2/l para los valores mínimos.

Al examinar las variaciones del contenido de oxígeno disuelto en toda la columna de agua (figura 2) se observa la existencia de dos períodos claramente deferenciados a lo largo del año. Una época, que comprende desde la segunda mitad del otoño hasta el inicio de la primavera, en la que la concentración de oxígeno es prácticamente uniforme en todo el perfil vertical; los valores medidos durante la misma oscilaron en torno a los 9,93 ($\pm$0,11) mg O_2/l, en el embalse de Cúber, y los 9,57 ($\pm$0,31) mg O_2/l en el del Gorg Blau. El resto del año viene caracterizado por la existencia de diferencias notorias en la concentración de oxígeno a lo largo de toda la columna de agua, y así, al calcular el valor medio para esta época en la capa más superficial y en la más próxima

al fondo del embalse, se obtienen unos resultados de 9,01 y 2,95 mg O_2/l en el de Cúber y de 8,30 y 2,49 mg O_2/l en el del Gorg Blau.

OXIGENO Y TEMPERATURA. El contenido de oxígeno disuelto en una masa de agua muestra un comportamiento que se halla condicionado por la existencia o no de estratificación térmica en la columna de agua, manifestándose por tanto un marcado efecto de la temperatura sobre la concentración del oxígeno en solución (HAPPEY, 1970; VIDAL, 1972; PLANAS, 1973; KING & TYLER, 1981; TAGGART & MCQUEEN, 1981; entre otros).

La dinámica del oxígeno en los embalses de Cúber y del Gorg Blau, a lo largo de todo ciclo anual, guarda efectivamente un estrecho paralelismo con las variaciones experimentadas por la temperatura del agua. En líneas generales los dos períodos, apuntados en el apartado anterior (figura 2), se corresponden con las épocas de homotermia y estratificación térmica señaladas para la temperatura (RAMON & MOYA, 1983).

Durante el período de mezcla el contenido de oxígeno disuelto permanece próximo a la saturación en todo el perfil vertical (figura 3). Únicamente en el embalse del Gorg Blau y para el año 1977 se observa un comportamiento irregular, con valores de saturación ligeramente inferiores a los normales en los diez primeros metros de la columna de agua y progresivamente más bajos a partir de aquella profundidad; tal situación no guarda relación con el estado de homotermia del embalse, debiéndose buscar su origen en procesos oxidativos de tipo respiratorio, ocasionados por los importantes acúmulos de materia orgánica algal antes y después de la época de estratificación (RAMON & MOYA, 1984 y 1985).

Cuando las aguas se hallan estratificadas térmicamente, la evolución del contenido medio de oxígeno disuelto, referido en tanto por ciento de saturación, muestra un perfil muy similar en ambos embalses (figura 3). Los niveles superiores se encuentran sobresaturados, o próximos a la saturación como ocurre en el embalse del Gorg Blau en 1977, mientras se observa una disminución de tipo exponencial a partir de una determinada profundidad. El estrato superior, prácticamente coincidente con el epilimnion, se halla constituido por aguas bien oxigenadas debido a la concurrencia de procesos de producción de oxígeno –fotosíntesis– y al efecto de mezcla por acción del viento. La parte inferior, que se corresponde con el hipolimnion, presenta una disminución progresiva de la concentración de oxígeno disuelto como consecuencia del predominio de la oxidación sobre la fotosíntesis y de la escasa o nula circulación. A pesar de la existencia de unas diferencias, en base al contenido de oxígeno

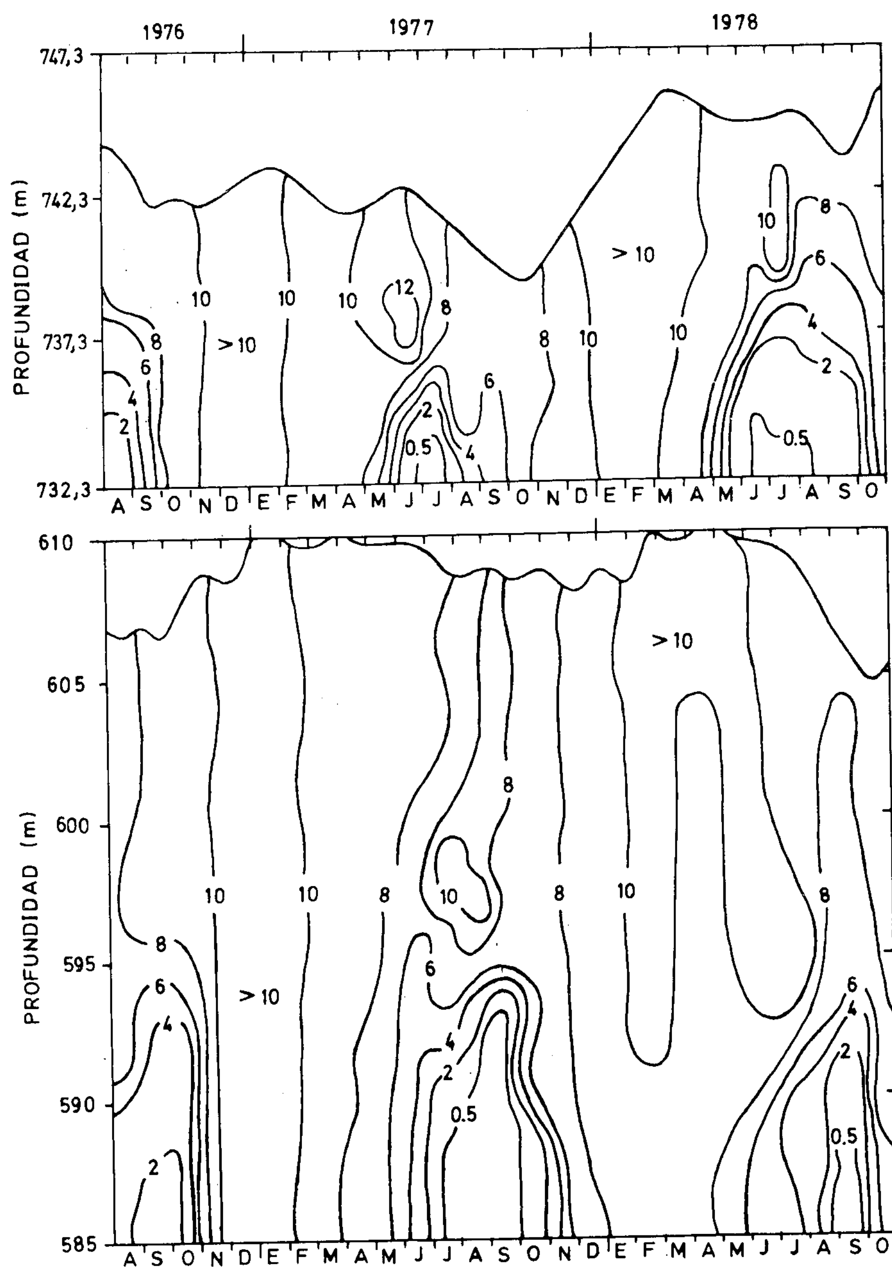


Fig. 2.– Variación espacio-temporal del oxígeno disuelto, expresado en mg l^{-1}, en los embalses de Cúber (arriba) y Gorg Blau (abajo).

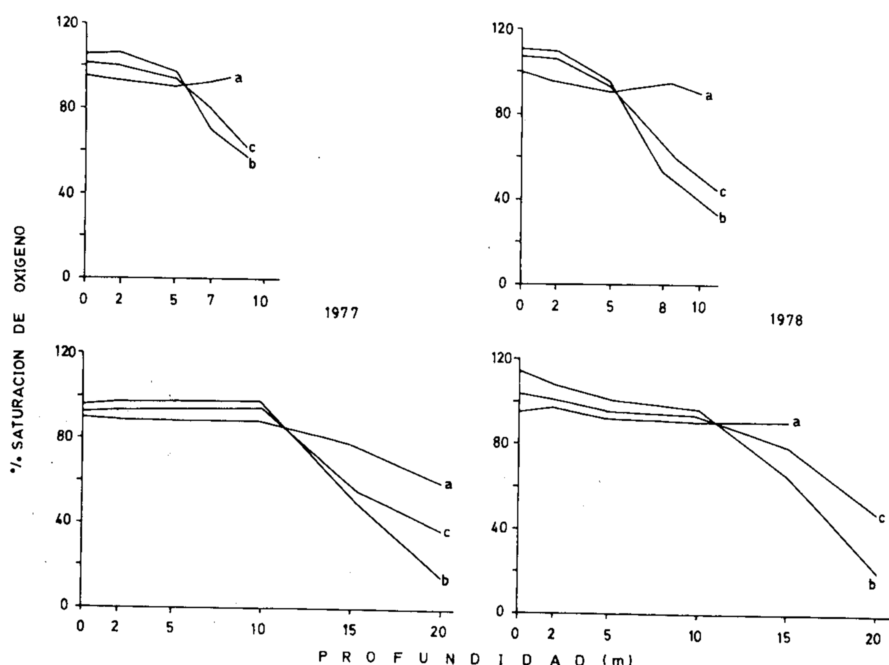


Fig. 3.– Valores promedio a diferentes profundidades del tanto por ciento de saturación de oxígeno durante el período de mezcla (a), la época de estratificación (b) y el ciclo anual completo (c); en los embalses de Cúber (arriba) y Gorg Blau (abajo).

disuelto, claras y evidentes entre las dos capas, la distinción precisa entre las mismas presenta a veces complicaciones (HAPPEY, 1970).

En las masas de agua estratificadas suele ser habitual la presencia de una tercera zona –la termoclina o metalimnion– en la que se determinan fuertes gradientes y que, debido a ello, actúa como una importante barrera entre el epilimnion y el hipolimnion.

En el embalse de Cúber la termoclina se presenta como una estructura esporádica y transitoria, localizada muy superficialmente; mientras que en el del Gorg Blau, si bien esencialmente restringida a las zonas más profundas del embalse, aquélla es mucho más estable y duradera (RAMON & MOYA, 1983). No obstante el examen de las gráficas correspondientes a la estratificación del oxígeno (figura 3) muestra claramente que los gradientes más significativos se producen precisamente en el embalse de Cúber, aproximadamente entre los cinco y los ocho metros de profundidad. En el embalse del Gorg Blau el gradiente de oxígeno correspondiente a la termoclina, entre los diez y los doce metros de profundidad, se halla suavizado debido a los persistentes máximos metilimnéticos de oxígeno disuelto que se dieron en dicho embalse y que, co-

mo ocurre en otros lagos y embalses (HUTCHINSON, 1957; WETZEL 1975; RUGGIU *et al.*, 1979; entre otros), fueron debidos a la actividad del fitoplancton (RAMON & MOYA, 1984).

OXIGENO Y ESTADO TROFICO. Los resultados comentados en los apartados anteriores (figuras 2 y 3), juntamente con la información aportada por la figura 4, muestran claramente la disminución progresiva de la concentración de oxígeno disuelto en las aguas de capas más profundas, a medida que transcurre el verano. No obstante, la evolución de la concentración de oxígeno en las zonas hipolimnéticas de ambos embalses presenta particularidades distintivas en cada uno de ellos, relacionadas con las diferentes características morfométricas, la térmica de sus aguas y la dinámica del fitoplancton (VALLENTYNE, 1978).

Las diferencias morfométricas (RAMON & MOYA, 1982) son determinantes en cuanto al comportamiento del oxígeno disuelto en los dos embalses durante la época de estratificación. En efecto, la mayor profundidad media del Gorg Blau condiciona una estratificación térmica más tardía (RAMON & MOYA, 1983) y la existencia de una zona hipolimnética con un volumen dos veces mayor que el de la correspondiente a Cúber. En definitiva, todo ello se traduce en una mayor disponibilidad de oxígeno en las capas profundas del embalse de Gorg Blau respecto al de Cúber, tanto en el espacio como en el tiempo.

Por otra parte, en ambos embalses es característica una importante producción fitoplanctónica, centrada en los meses de primavera en Cúber y prolongándose hasta el mes de agosto en el del Gorg Blau (MOYA & RAMON, 1983 y 1984; RAMON & MOYA, 1984). El resultado es una precipitación de materia orgánica hacia el fondo, breve e intensa en el embalse de Cúber y más paulatina y prolongada en el del Gorg Blau.

El efecto combinado de estos dos factores origina una reducción rápida del oxígeno disuelto en los niveles profundos del embalse de Cúber, alcanzándose los mínimos durante los meses de junio y julio; mientras que en el del Gorg Blau el proceso es más lento, presentándose las mínimas concentraciones de oxígeno disuelto en agosto y setiembre, con un desfase de prácticamente dos meses respecto al embalse de Cúber (figuras 2 y 4).

Si bien en ninguno de los dos embalses se llega a un agotamiento total del oxígeno disuelto, únicamente en muy reducidas porciones del Gorg Blau se detectó anoxia, en ambos se alcanzan valores muy bajos, inferiores a los 2 mg O_2/l, determinando unas condiciones consideradas como intolerables para un buen número de animales (WETZEL, 1975), y marcando una clara subsaturación por debajo del 20% (figuras 2 y 4). Estas zonas deficitarias en oxígeno representarían aproximadamente un 13,2% y un 10,5% del volumen total del

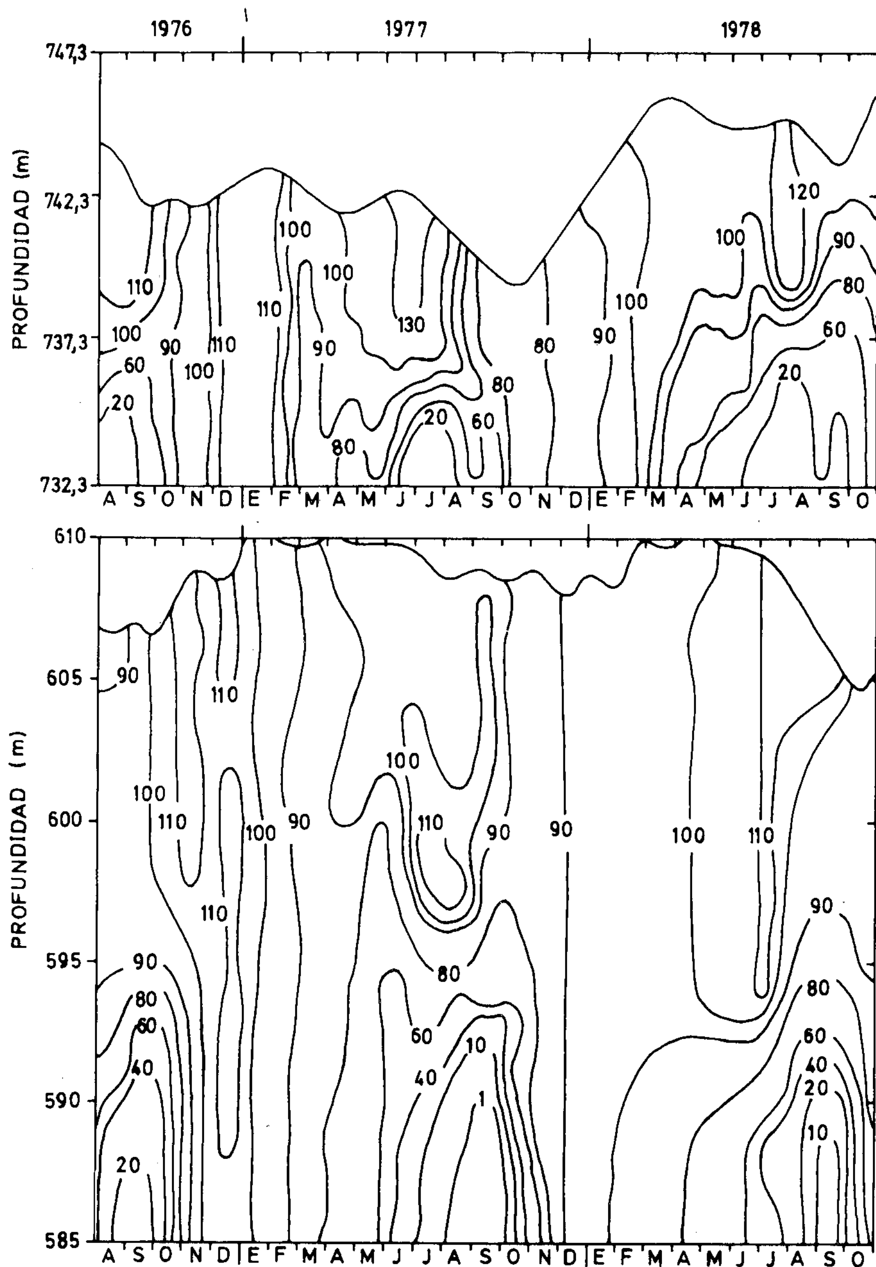


Fig. 4.– Variación espacio-temporal del oxígeno disuelto, expresado en forma del tanto por ciento de saturación, en los embalses de Cúber (arriba) y Gorg Blau (abajo).

agua del Gorg Blau y de Cúber, respectivamente y como valores máximos. La importancia real de tales valores puede ser mucho más significativa que la reflejada en términos absolutos, si tenemos presente que el límite superior de aquellas zonas estuvo cada año por encima del nivel de toma de agua en el embalse del Gorg Blau; mientras en Cúber sólo superó el mencionado nivel durante el año 1977.

En el mes de octubre la concentración de oxígeno prácticamente se ha uniformizado en el embalse de Cúber; mientras en el del Gorg Blau todavía es posible constatar diferencias importantes entre la concentración de oxígeno disuelto en la capas superiores y en las profundas. La uniformización es total en ambos embalses a partir de finales de noviembre, con sólo ligeras diferencias en los tantos por ciento de saturación (figura 4) como consecuencia de pequeñas desigualdades de origen biológico (RAMON & MOYA, 1985) y de tipo térmico (RAMON & MOYA, 1983).

El comportamiento del oxígeno disuelto en las aguas de los embalses de Cúber y del Gorg Blau manifiesta signos de un cierto grado de eutrofia (EBERLY, 1975; STEWART, 1976; SECHI & COSSU, 1979; LACHAVANNE, 1980; entre otros). No obstante, tal tendencia a la eutrofia se ve frenada por las características y la evolución de la estratificación térmica, fuertemente influida por fenómenos de tipo meteorológico (VIDAL, 1972; RAMON & MOYA, 1983). Por otra parte, de acuerdo con la clasificación elaborada por YOSHIMURA (1935, en HUTCHINSON, 1957, pgs. 598-599) para los lagos japoneses, los valores de oxígeno madisuelto, en términos de tanto por ciento de saturación, son indicadores de masas de agua con características oligotróficas o, todo lo más, ligeramente mesotróficas.

BIBLIOGRAFIA

AMBROGGI, P.P. 1980.– Water. *Sci. Amer.*, 243: 100-116.

ARMENGOL, J. y PRAT, N. 1979.– Els embassaments. *Quad. Ecol. Apl.*, 4: 69-85.

BIRGE, E. A. y JUDAY, C. 1911.– The inland lakes of Wisconsin. The dissolved gases and their biological significance. *Bull. Wis. geol. nat. Hist. Surv.*, 22: 1-259.

EBERLY, W.R. 1975.– The use of oxygen deficit measurements as an index of eutrophication in temperate dimictic lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 19: 439-441.

GOLDMAN, C.R. y HORNE, A.J. 1983.– *Limnology*. McGraw-Hill. New York. 464 pgs.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S. y OHNSTAD, M.A.M. 1978.– *Chemical Analysis of Fresh Waters*. I.B.P. Handbook No.8. 2nd. ed. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 214 pgs.

HAPPEY, C.M. 1970.– Some physico-chemical investigations of stratification in Abbot's Pool, Somerset: Studies on the dissolved substances. *J. Ecol.*, 58: 621-634.

HUTCHINSON, G.E. 1938.- On the relationship between the oxygen deficit and the productivity of lakes. *Int. Revue ges. Hydrobiol. Hydrogr.*, 36: 336-55.
HUTCHINSON, G.E. 1957.- *A Treatise on Limnology. I. Geography, Physics and Chemistry.* John Wiley & Sons. New York. 1015 pgs.
KING, R.D. y TYLER, P.A. 1981.- Limnology of Perched Lake, Southwest Tasmania. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, 32: 501-515.
LACHAVANNE, J.B. 1980.- Les manifestations de l'eutrophisation des eaux dans un grand lac profond: Le Léman (Suisse). *Schweiz. Z. Hydrol.*, 42: 127-154.
MARGALEF, R. 1974.- *Ecología.* Omega. Barcelona. 915 pgs.
MARGALEF, R. 1976.- Biología de los embalses. *Inv. Ciencia,* 1: 50-62.
MARGALEF, R. 1983.- *Limnología.* Omega. Barcelona. 1010 pgs.
MARGALEF, R.; PLANAS, D.; ARMENGOL, J.; VIDAL, A.; PRAT, N.; GUISET, A.; TOJA, J. y ESTRADA, M. 1976.- *Limnología de los embalses españoles.* Dirección General de Obras Hidráulicas. M.O.P. Madrid. 2 vols. 422+85 pgs.
MORTIMER, C.H. 1981.- The oxygen content of air-saturated fresh waters over ranges of temperature and atmospheric pressure of limnological intererst. *Mitt. Internat. Verein Limnol.*, 22: 23 pgs.
MOSS, B. 1980.- *Ecology of fresh waters.* Blackwell Scientific Publications. Oxford. 332 pgs.
MOYA, G. y RAMON, G. 1981.- Contribución al conocimiento de la mineralización de las aguas de los embalses de Cúber y Gorg Blau y de sus principales aportes. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears,* 25: 21-30.
MOYA, G. y RAMON, G. 1983.- Características limnológicas del embalse de Cúber (Mallorca). *Actas I Congreso Español Limnología,* 83-92.
MOYA, G. y RAMON, G. 1984.- Composition and dynamics of phytoplankton in the Cúber reservoir. Spain. *Verh. Internat. Verein. Limnol.,* 22: 1541-1545.
PLANAS, D. 1973.- Composición, ciclo y productividad del fitoplancton del lago de Bañolas. *Oecología aquatica,* 1: 3-106.
RAMON, G. y MOYA, G. 1982.- Caracteristicas morfológicas y morfométricas de los embalses de Cúber y Gorg Blau (Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears,* 26: 145-150.
RAMON, G. y MOYA, G. 1983.- Regímenes térmicos de los embalses de la Serra de Tramuntana (Mallorca). Estudio comparado. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears,* 27: 91-102.
RAMON, G. y MOYA, G. 1984.- Seasonal variations in the vertical distribution of *Oscillatoria rubescens* D.C. in the Gorg Blau reservoir. Spain. *Verh. Internat. Verein. Limnol.,* 22: 1546-1549.
RAMON, G. y MOYA, G. 1985.- Distribución estacional de *Planctonema lauterbornii* Schmidle (Ulotrichaceae) en dos embalses de aguas mineralizadas (Cúber y Gorg Blau, Mallorca). *Limnetica,* 1: en prensa.
ROUND, F.E. 1981.- *The ecology of algae.* Cambridge University Press. Cambridge. 635 pgs.
RUGGIU, D.; SARACENI, C. y MOSELLO, R. 1981.- Fitoplancton, produzione primaria e caractteristiche chimiche di un lago fortemente eutrofizzato: il lago di Varese. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.,* 39: 47-64.
SECHI, N. y COSSU, A. 1979.- Prime valutazioni sui livelli trofici di alcuni bacini artificiali della Sardegna. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.,* 37: 259-276.
STEWART, K.M. 1976.- Oxygen deficits, clarity and eutrophication in some Madison Lakes. *Int. Revue ges. Hydrobiol.,* 61: 563-579.

STRICKLAND, J.D.H. y PARSONS, T.R. 1972.– A Practial Handbook of Seawaters Analysis. *Bull. Fish. Res. Board Can.,* 167: 311 pgs.

STRØM, K.M. 1931.– Feforvatn. A physiographic and biological study of a mountain lake. *Arch. Hydrobiol.,* 22: 491-536.

TAGGART, C.T. y MCQUEEN, D.J. 1981.– Hypolimnetic aeration of a small eutrophic kettle lake: Physical and chemical changes. *Arch. Hydrobiol.,* 91: 150-180.

THIENEMANN, A. 1928.– *Der Sauerstoff im eutrophen un oligotrophen Seen. Die Binnengewässer, 4.* Schweizerbarth. Stuttgart. 175 pgs.

VALLENTYNE, J.R. 1978.– *Introducción a la Limnología. Los lagos y el hombre.* Omega. Barcelona. 169 pgs.

VIDAL, A. 1972.– Dinámica del hipolimnion anóxico en el embalse de Sau (Barcelona). *Pirineos,* 105: 120-169.

VOLLENWEIDER, R.A. y JANUS, L.L. 1982.– Statistical models for predicting hypolimnetic oxygen depletion rates. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.,* 40: 1-24.

WETZEL, R.G. 1975.– *Limnology.* Saunders. Philadelphia. 752 pgs.